

中学校におけるデジタルものづくり教育の開発

杉本滉世*, 伊藤陽介**

中学校学習指導要領(2017年3月告示)技術・家庭科(技術分野)の学習目標では、課題解決するために試作などを通して作品を製作する内容が新たに規定された。限られた授業時間において、試作や改善に伴う修正を行うためには、ものづくりのデジタル化(デジタルものづくり)が必要である。課題解決をねらいとする教育ではより自由な発想が求められる。3D-CADを用いたモデリングでは、実体を伴わないため課題解決に必要な形状を自在に設計できる。本研究では、デジタルものづくり教育に必要なデジタル工作機械とソフトウェア環境を選定するとともに、それらを利用した教育方法を構築することを目的とする。デジタルものづくり教育においてレーザーカッターを利用することを前提として、3D-CADを用いて製作品を立体モデルとして設計し、そのCADの機能を用いて2次元平面上の部品図に展開した後、レーザーカッターで部品を製作する指導法と製作例を示した。

[キーワード: 中学校, 技術分野, デジタル, ものづくり, 3D-CAD]

1. はじめに

中学校学習指導要領(2017年3月告示)技術・家庭科(技術分野)(以下、技術科)の学習目標では、「技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力を育成する」ことが示された。さらに目標の(2)では、「生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う」ことも含まれ、課題解決するために試作などを通して作品を製作する内容が新たに規定された[1]。

限られた授業時間において、試作や改善に伴う修正を行うためには、ものづくりのデジタル化(デジタルものづくり)が必要である[2]。また、従来の技術科におけるものづくりでは、あらかじめ使用する材料を想定した設計が中心であった。しかし、課題解決をねらいとする教育ではより自由な発想が求められる。3D-CADを用いたモデリングでは、実体を伴わないため課題解決に必要な形状を自在に設計できる。本研究では、デジタルものづくり教育に必要なデジタル工作機械とソフトウェア環境を選定するとともに、それらを利用した教育方法を構築することを目的とする。

2. デジタルものづくり教育

技術科において教育利用の可能性のあるデジタル工作機械として、レーザーカッター、3Dプリンタ、NC工作機械などが挙げられる。これらの主な特徴を比較した(表1)。集合教育を想定すると設計・製作後に調整が必要なく、加工時間が短いものが必須である。

レーザーカッターは材料に対して強力なレーザー光を照射する加工法で材料に圧力や摩擦による抵抗がかからないため、高精度かつ高品質な加工が短時間でできる。さらに、材料に対して物理的な接触が発生しないため、カッター部の耐久年数も比較的長い。一方、3DプリンタやNC工作機械は形状に制約は

表1 デジタル工作機械の特徴

種類	レーザーカッター	3Dプリンタ	NC工作機械
加工精度	優	劣	優
加工時間	短時間	長時間	長時間
加工対象	木材, 紙, プラスチック, 皮, 金属, ガラスなど	金属, プラスチック, 樹脂, 石こうなど	金属, 木材, プラスチック, 樹脂など
工具の耐久年数	長期	長期	短期
工具の交換	難	難	易
設置のし易さ	易	易	難

※同一価格帯の工作機械を想定

* 鳴門教育大学 大学院 教科・領域教育専攻 生活・健康系コース(技術・工業・情報)

** 鳴門教育大学 大学院 高度学校教育実践専攻 自然・生活系教科実践高度化コース

あるものの立体造形ができる[3]。また、3D プリンタは製作図データがあれば製作品の寸法の拡大・縮小、修正が容易に行える[4]。レーザーカッターは平面材料の加工のみを対象とするが、材料に対して物理的な接触が発生しないため、他のデジタル工作機械と比べて様々な材料を加工できる。

以上述べた点から本研究では学習者の製作品の加工にレーザーカッターを採用し、3D-CAD の習得支援の際に教師が提示するための立体モデルと学習者が実際に手にとって立体の大きさや形状を感覚的に捉えることを支援するための教材・教具の製作に 3D プリンタを採用する。

デジタルものづくり教育は、設計と製作の両面を考慮し、部品の製作と組み立ての実習を含める。本教育は、(1) 課題設定・解決策の構想、(2) 構想図の作成、(3) 3D-CAD によるモデリング、(4) 平面に展開した製作図の作成、(5) デジタル工作機械による部品製作、(6) 各部品を組み立て製作、(7) 製作品の評価、(8) 改善点があれば、手順(3)に戻って修正、さもなければ完了、から構成される。ここで、手順(4)における製作図の作成では、主に 3D-CAD の機能を用いて平面の部品図に展開する。その方法の概要を図 1 に示す。

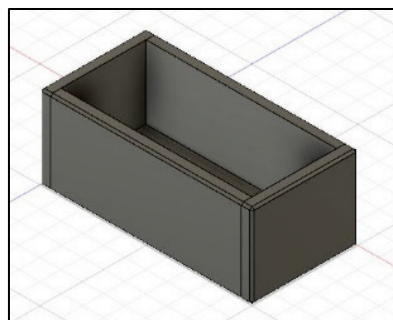
3. 3D-CAD の習得支援

学習者が 3D-CAD によるモデリングを習得する際には、一般的に実体のない立体モデルを想像しながら設計する。この想像力は個人差が大きく、限られた時間内でモデリングを習得できるように効果的に支援できる教材・教具が必要と考え、ここでは、立体モデルを 3D プリンタで造形する。

製図教育では、これまで、VブロックやM字、L字ブロックなどの立体モデルが用いられてきた。今回は、中学校教育を想定しているため、形状の単純なL字ブロックを立体モデルとして採用した。このL字立体モデルは、3D-CAD (Autodesk 製 Fusion360)を用いてモデリングし、積層型 3D プリンタ(久宝金属製作所製 Qholia)を用いて製作した[5], [6], [7]。加工時間は約 7 時間を要した。製作した L 字立体モデルの製作例を図 2 に示す。造形結果を観察してみると、側面の寸法線や距離を示す箇所にサポートと呼ばれる造形を補助するパーツが余分に造形されてしまうことがわかった。このサポートは今回採用した 3D プリンタの設計上、本体の造形に使用する樹脂と同じものを使用しているため、造形後に取り除くことは難しい。また、このサポートを残したまま学習者に立体の大きさや形状を感覚的に捉えることを支援するための立体モデルとして提示するには、寸法

線や造形した寸法の視認性を考えると適切ではない。そのため、各面に必要な内容を記載したラベルを貼付することにした(図 3)。

3D-CAD による立体モデル



3D-CAD の機能で展開

部品図

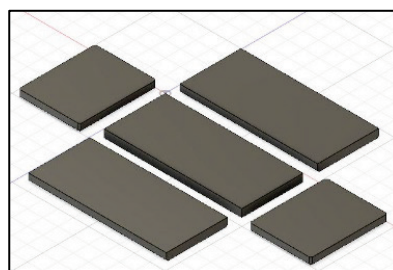
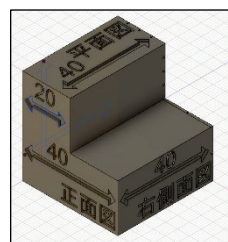
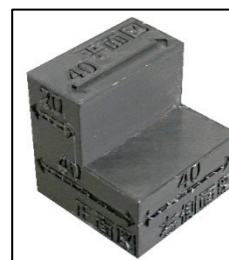


図 1 平面の部品図を作成する方法



(a) 3D-CAD によるモデリング (mm)



(b) 造形結果

図 2 L 字立体モデルの製作例

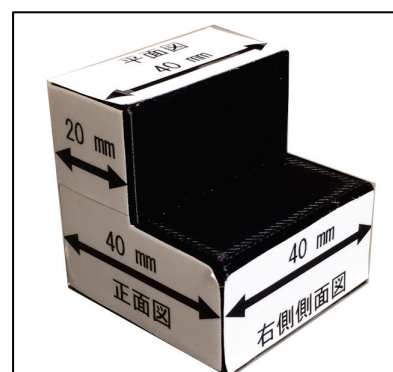


図 3 造形結果にラベルを貼付した L 字立体モデル

4. デジタルもののづくり教育の開発

学習指導計画については、設計と製作の両面を考慮し、技術科の学習内容「A 材料と加工の技術」に加え、課題解決するために試作などを通して作品を製作する学習内容とし、全 24 単位時間で構成した(表 2)。

教材については、技術科における学習内容を踏まえ生活で役立つ小物の製作を想定し、レーザーカッターを用いた部品の製作と組み立ての実習を含める製作例として小物入れを取り上げる。この小物入れの立体モデルは、3D-CAD (Autodesk 製 Fusion360)を用いてモデリングし、レーザーカッター(トロテック社製レイジェットレーザー)を用いて製作した[8]。

Fusion360 を用いた基本的なモデリングの手順は、(1) スケッチツール、(2) 作成ツール、(3) 修正ツールの 3 つのツールから構成される。

スケッチツールでは、線分コマンド、円弧コマンド、テキストコマンドなど、形状のもととなる図形を線分や円弧で描くことができる。複雑な形状のモデリングをする際に用いられる。

作成ツールでは、直方体コマンド、円柱コマンド、球コマンドなど、特定の図形から単純な形状の立体モデルをモデリングすることができる。修正ツールで修正される立体モデルのベースをモデリングすることで、複雑な形状を容易にモデリングすることが

できる

修正ツールでは、フィレットコマンド、面取りコマンド、シェルコマンドなど、立体モデルの形状の修正をすることができる。作成ツールの立体モデルに修正ツールを用いて、複雑な形状を容易にモデリングすることができる。

まず、小物入れ A の立体モデルを 3D-CAD を用いてモデリングした後、Fusion360 の「ボディを分割コマンド」を用いて平面上に展開した(図 4)。つぎに、「プロジェクト/含めるコマンド」を用いて展開した各部品の立体モデル表面からスケッチを作成し、部品図を作成した(図 5)。部品図をもとに厚さ 5.5mm のベニヤ板を加工し小物入れ A を試作した(図 6)。

小物入れ A の評価を行い、底の抜けやすさと接合部の強度を改善するため、組み継ぎを採用したもの

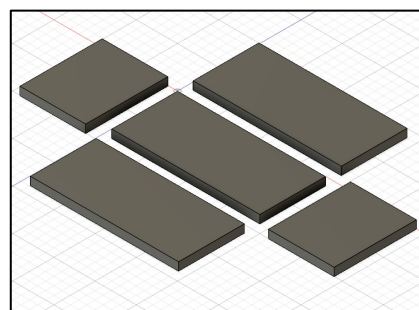


図 4 平面上に展開した小物入れ A の立体モデル

表 2 デジタルもののづくり教育の学習指導計画

時数	学習項目	主な学習内容
4	(1) 材料の特性	<ul style="list-style-type: none"> ・木材、金属、プラスチックの特性を理解する。 ・最新のテクノロジーが生活をよりよくするために、どのように活用されているか考える。
4	(2) 加工方法 (実技)	<ul style="list-style-type: none"> ・けがき、のこぎり、かなづち、かんな、やすりなどの仕組みと使用方法を理解する。
3	(3) 構想と設計	<ul style="list-style-type: none"> ・材料と加工の技術の見方・考え方を働かせて、生活や社会の問題を見いだして課題を設定し、日常生活をよりよくするために必要なものを構想する。 ・キャビネット図の描き方を理解する。 ・構想したものをキャビネット図に製図する。
4	(4) 設計	<ul style="list-style-type: none"> ・課題の解決策を具体化する方法として 3D-CAD の使い方を知る。 ・3D-CAD のモデリングの手順にしたがい、3D-CAD で構想したものをモデリングし、製作図データを作成する。 ・立体モデルから部品図データを作成する。
6	(5) 試作・評価・改善および修正	<ul style="list-style-type: none"> ・部品図データにしたがって、レーザーカッターで切断し、試作品を組み立てる。 ・試作品を評価し、改善点をまとめる。 ・製作図データを修正し、改善する。
3	(6) 社会の発展と材料と加工の技術	<ul style="list-style-type: none"> ・よりよい生活や持続可能な社会を構築するために、研究開発が進められている新しい材料と加工の技術の優れた点や問題点について考える。

(1 単位時間 : 50 分)

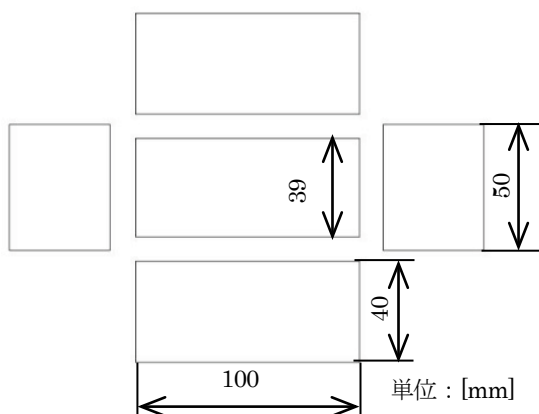


図5 小物入れAの部品図



図6 小物入れA（試作） 100×50×40mm（W×D×H）

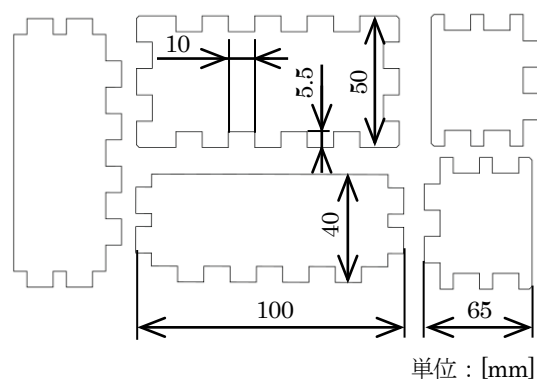


図7 小物入れBの部品図



図8 小物入れB（試作） 100×50×40mm（W×D×H）

を小物入れBとした。同様にして、部品図(図7)を作成しレーザーカッターで加工し試作した(図8)。小物入れBは、図4に示した平面上に展開した立体モデルに改良を加えるのみのため、短時間で設計できた。

さらに、小物入れBの評価を行い、持ち運びがしにくい、収納しているものが確認できないことを改善するため、側面に取っ手と格子状の窓を採用したものを小物入れCとした。同様にして、部品図(図9)を作成しレーザーカッターで加工し組み立てた(図10)。小物入れCは一般的な生活環境で実用に耐えるものと考え、完成品とした。

5. おわりに

デジタルものづくり教育においてレーザーカッターを利用することを前提として、3D-CADを用いて製作品を立体モデルとして設計し、そのCADの機能を用いて2次元平面上の部品図に展開した後、レーザーカッターで部品を製作する指導法と製作例を示した。本研究で提案したレーザーカッターを用いた部品の製作と組み立ての実習を含むデジタルものづくり教育を充実させることにより、生徒の創造力育成に寄与することが期待できる。

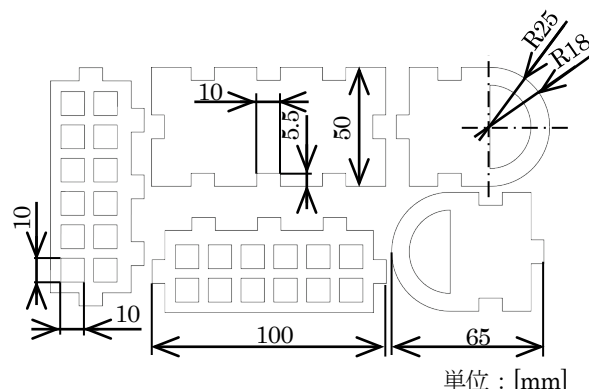


図9 小物入れCの部品図



図10 小物入れC（完成） 100×50×40mm（W×D×H）

今後は、デジタルものづくり教育の実現に向けて評価規準、指導案を考案し、試作・製作の手引きを作成する必要がある。また、レーザーカッターによる作品製作に適する教材例とデジタルものづくり教育において、評価し改善する過程を含めた製作例の追加なども必要である。最終的な作品に利用する材料として、アクリルなど木材以外の材料を用いた作品も検討していきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり鳴門教育大学情報基盤センターに設置されているレーザーカッター及び 3D プリンタを利用しました。これらのデジタル工作機械を利用するにあたり、情報基盤センター技術職員の皆様より手厚いご支援をいただきました。3D-CAD の操作方法の一部については、鳴門教育大学宮下晃一教授より提供いただいた資料を参考にしました。

参考文献

- [1] 文部科学省(2017) 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, 開隆堂
- [2] 島崎貴子・山崎恭平・今出亘彦・黎子椰(2018) 楽しさを重視したものづくり学習教材の開発—レーザーカッターを用いた鉛筆立てづくり—, 日本産業技術教育学会第 61 回全国大会講演要旨集, p.106
- [3] RICOH, 3D プリンタの造形方式の違い, <https://www.ricoh.co.jp/3dp/lineup/byMethod/> (最終アクセス日: 2019 年 12 月 10 日)
- [4] 垣本徹(2017) 3D プリンタを用いた製図模型の提案, 日本産業技術教育学会第 60 回全国大会講演要旨集, p.157
- [5] Autodesk, Fusion360, <https://www.autodesk.co.jp/products/fusion-360/overview> (最終アクセス日: 2019 年 12 月 10 日)
- [6] Autodesk Education(2016) Fusion360 チュートリアル, https://www.mya Autodesk.jp/JEFF/Fusion360_ATC_201603.pdf (最終アクセス日: 2019 年 12 月 10 日)
- [7] 久宝金属製作所, Qholia について, <http://q-ho.com/products/Qholia/Qholia.php> (最終アクセス日: 2019 年 12 月 10 日)
- [8] トロテック, レイジェットレーザー, <https://www.rayjetlaser.com/ja/products/rayjet-50-laser-engraver> (最終アクセス日: 2020 年 3 月 13 日)